Моделирование эволюции: «букашки» учатся охоте на бактерий

А. К. ДЬЮДНИ

Для тех, кто, подобно мне, не очень силен в математике, компьютер - это могучий друг воображения.

РИЧАРДдокиНЗ,

«Слепой часовой маСтер»

НАИЛИСТОМ дне прудика с застоявшейся водой копошатся инфузории, простейшие одноклеточные организмы. Они питаются бактериями, медленно оседающими на дно, подобно моросящему дождю. Внешне все инфузории выглядят одинаково, но в их поведении можно уловить важные различия. Одни движутся хаотично в поисках бактерий, и в результате их добыча скудна, другие передвигаются более целенаправленно, можно сказать, почти методично, и у них пищи в изобилии. Наблюдать такие микромиры - очень увлекательное занятие, однако в данном случае описываемая сцена имеет особое значение: методично движущиеся простейшие произошли от своих безалаберных предков всего лишь час назад!

Как уже, наверное, догадались многие читатели, эту сцену мы наблюдали не в микроскоп, а на экране компьютера. Действие на экране порождается программой «Модель эволюции», которую создал Майкл Палмайтер, учитель средней школы из Тэмпл-Сити (шт. Калифорния). Крошечные белые инфузории, которых Палмайтер называет букашками, ползают по экрану, поедая фиолетовых бактерий. По мере того как одно поколение букашек сменяет другое, можно наблюдать, как изменяется их поведение в охоте за бактериями.

Ричард Докинз из ОксФордского университета также пытался проникнуть в тайны эволюции, исследуя программы, в которых он пытается моделировать различные ее аспекты. Одна такая программа, написанная самим Докинзом, была темой нашей статьи, опубликованной немногим более года назад (см. «В мире науки», 1988, №~ 4). В программе Докинза действующими лицами являются' биоморфы - генерируемые компьютером формы, иногда напоминающие живые организмы. Они эволюционируют в процессе искусственного отбора: оператор, работающий с компьютером, произвольным образом выбирает одну из 9 возможных вариаций существующего в данный момент биоморфа в качестве основы для последующих поколениЙ.

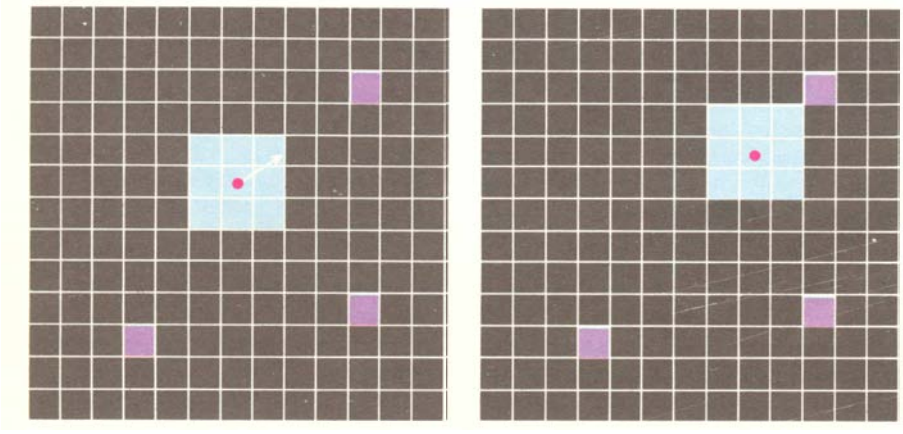
Биоморфы, порождаемые программой Докинза, могут принимать весьма причудливые формы (иногда они даже похожи на живые организмы), однако о них нельзя сказать, что они являются продуктом естественной эволюции, т. е. внутреннего естественного отбора. И все же Докинз считает, что можно создать компьютерную программу , которая действительно моделировала бы естественный отбор. Генерируемые компьютером «ВИДЫ», обладающие способностью к «эволюции», могли бы порождать все более сложные формы, многообразие которых ограничивалось бы до разумных пределов механизмом отбора. Более того, выжившие потомки могли бы затем эволюционировать в новых направлениях, совершенно недоступных для их предков.

Одноклеточные букашки Палмайтера, несомненно, являются шагом, приближающим нас к цели, которую поставил перед собой Докинз. Взглянув на рисунок, приведенный на рис. 85, мы видим, что букашки (белые комочки) населяют прямоугольник, в который непрерывно поступают осаждающиеся бактерии (фиолетовые точки). Букашки ведут образ жизни, в котором главную роль играют движение и поедание бактерий. Каждая съеденная бактерия придает букашке 40 единиц энергии, которой хватает на то, чтобы сделать 40 движений. В местах скопления корма букашка может за несколько минут набрать 1500 единиц энергии. Однако сразу после этого начинает действовать странный механизм: сколько бы букашка ни ела, запас ее энергии не увеличивается до тех пор, пока он снова не упадет ниже 1500 единиц.

В то же время может случиться и так, что букашка окажется на голодном пайке в течение достаточно длительного времени. В этом случае запас энергии, которым обладает букашка, может постепенно снизиться до нуля. Букашка замирает на несколько циклов, как бы размышляя о своей близкой кончине, а затем исчезает.

Конечно, для того чтобы букашка всегда была сыта, необходимо, чтобы около нее было относительно большое количество бактерий. Поскольку изначально бактерии распределены на экране более или менее равномерно, интенсивная охота на них в одном месте приводит к тому, что там их становится мало, а в других областях - мгого. Некоторые букашки, кажется, быстрее других обнаруживают места скопления корма. Здесь все зависит от движений, совершаемых букашкой - так сказать, от ее тактики поиска добычи.

Дарвинистский сценарий программы моделирования эволюции, хотя и носит весьма абстрактную форму, ос-



Букашка совершает повороты относительно направления, в котором она движется

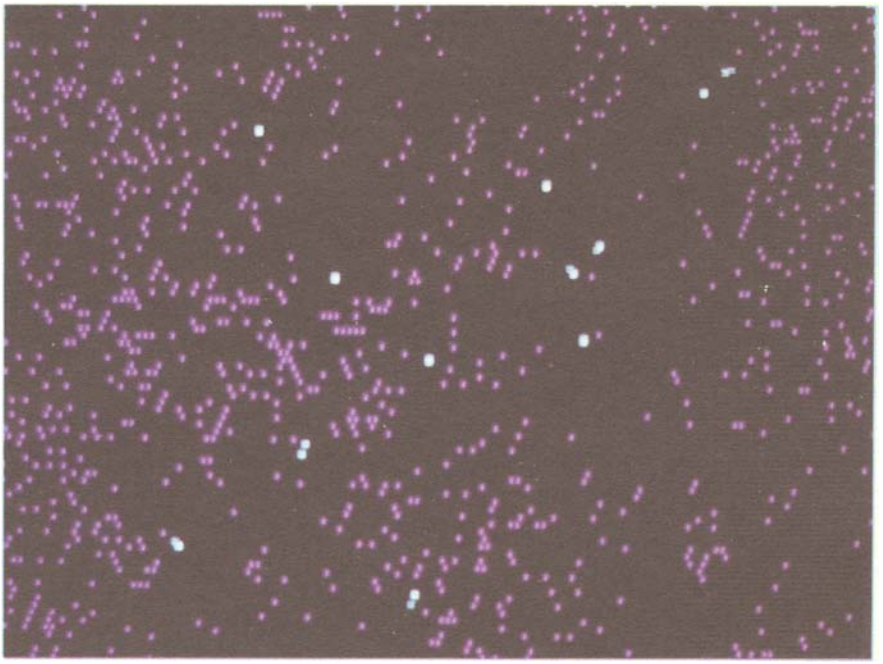
нован на «генах», управляющих поведением букашек. Подобные гены, возможно, не существуют у реальных простейших, у букашек же Палмайтера их шесть. Назовем их *В, п, сп, Н, ел* и *Л* - соответственно для движений Вперед, наПраво, Сильно наПраво, Назад, Сильно наЛево и наЛево. (Все направления взяты с точки зрения самой букашки. Нормальный угол поворотов составляет 60° в соответствующем направлении, «сильные» повороты составляют 120°.)

Направление каждого нового движения выбирается случайным образом: программа выбирает одно из шести возможных направлений, как бы бросая жребий. Если выпало, к примеру, *Л,* то букашка совершает поворот на 60° влево. Вероятность выпадания того или иного направления зависит от числового значения, присвоенного каждому из шести генов. Таким образом, чем больше значение гена, тем больший вклад этот ген вносит в характер поведения букашки. Если, например, у букашки превалирует ген *Л,* то большую часть времени она будет проводить в движении, направленном в левую сторону.

Каждая из возможных комбинаций числовых значений генов приводит к тому или иному характеру движения, отличному ат поведения других букашек. Какие бы гены не были у организма, они останутся неизменными на протяжении всей его жизни. Ему остается лишь надеяться (возмозно, это звучит несколько антропоморфно), что у его потомков генный набор окажется более удачным.

После того как букашка совершит 800 движений, она становится «созревшей» и готова к воспроизведению себе подобных. Однако размножаются лишь «сильные» букашки, хранящие под своей белой оболочкой 1000 или более единиц энергии. Например, парамеции размножаются путем так называемой конъюгации (слияния), букашки же размножаются делением: взрослая сильная букашка делится на два организма, каждый из которых обладает половиной энергетического запаса, который имел родительский организм. При этом новорожденные букашки наследуют двигательные гены от родителей, но снебольшими изменениями. Число, соответствующее одному из генов, слегка увеличивается или уменьшается.

Предположим, например, что зрелая сильная букашка обладает следующим генным набором: $B = 3$, $П = 2$, $сп = 0$, $Н = -2$, $ел = 0$ и $Л = 1$. Два ее потомка, обозначим их как *А* и *Б,* могут унаследовать следующие, подвергнувшиеся мутации наборы генов:



«Трясучки» постепенно эволюционируют в «крейсера»

А:В=4 П=2 сп=о Н=-2 сл=о л= 1

Б:В= 3 *п=* 2 *сп=о Н=-2 сл=* -1 *л= 1*

Мы видим, таким образом, что у потомка *А* возросло на 1 значение гена *В,* а у потомка *Б* уменьшилось на 1 значение *ел.*

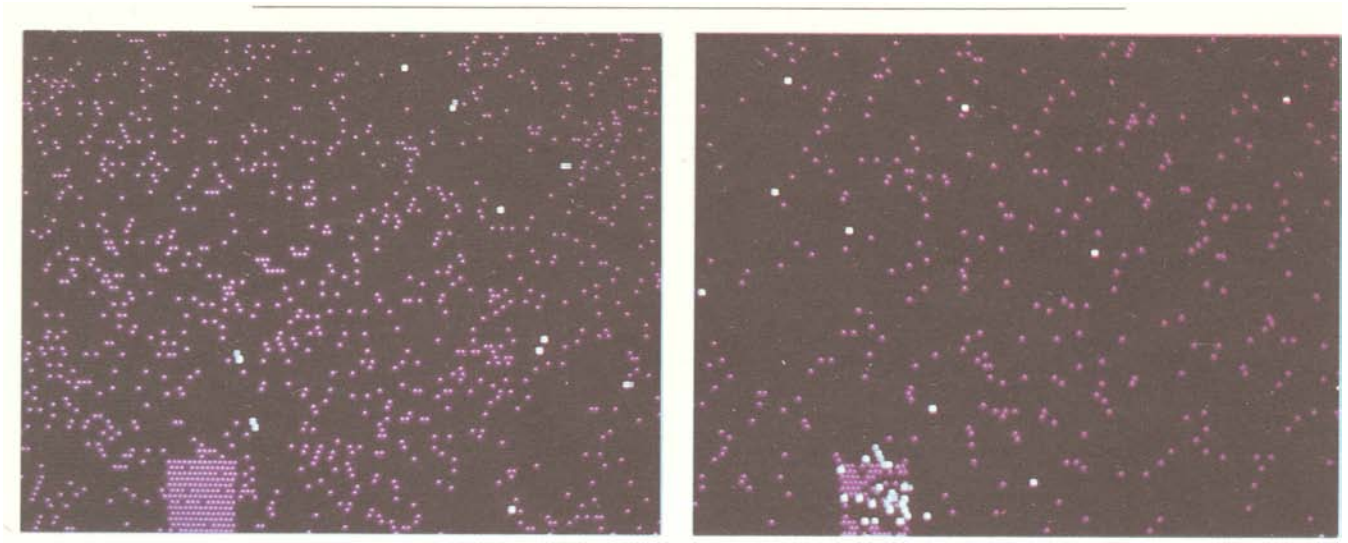
Как проявится в поведении отличие этих потомков ат своих родителей? у потомка *А* будет несколько более выражена тенденция к движению вперед, в то время как потомок *Б* будет несколько реже no сравнению со своим родителем совершать сильные движения влево. На экране компьютера Т'акие небольшие изменения тенденций будут едва уловимы даже для: тренированного наблюдателя.

В простейшем варианте программа «Модель эволюции» начинается с 10 букашек, наделенных случайно выбранным генетическим набором. В результате большинство из них будет, наверное, сновать туда-сюда совершенно непредсказуемым образом. Как правило, букашки с таким хаотичным поведением сравнительно быстро вымирают. Они просто поедают большую часть бактерий в непосредственной окрестности и, продолжая оставаться в ней уже на голодном пайке, погибают. Однако некоторая часть букашек выживает.

Поколения сменяют друг друга приблизительно каждую минуту. Эта борьба за выживание, разворачивающаяся на маленьком экране, представляет собой довольно захватывающее зрелище, но еще интереснее оно становится, когда через несколько минут наблюдатель начинает замечать, как меняется поведение некоторых букашек. Вместо того, чтобы хаотически сновать туда-сюда, они начинают ритмично подпрыгивать. Затем еще через несколько минут появляются букашки, которые кувыркаются. Приблизительно через 20 минут или немного позже мы увидим планирующих, правда на короткие дистанции, букашек, которые добиваются значительно больших успехов по сравнению со своими предками. Именно по этой причине они буквально на глазах начинают размножаться.

Планирующие букашки в свою очередь сменяются «крейсирующими» - движущимися БОльшую часть времени вперед, но иногда меняющими направление. Это означает, что они почти всегда перемещаются к областям, которые гуще заселены бактериями. Впервые проявившись лишь у нескольких букашек, такое поведение быстро становится доминирующим во всей популяции, поскольку крейсирующим особям достается львиная доля пищи.

Хотя крейсирующие букашки превращаются в своеобразный биологический вид, среди них наблюдаются некоторые вариации. Например, есть такие особи, которые чаще поворачивают вправо, в то время как другие предпочитают левые поворотьы. Конечно, иногда бывают и неудачи. У некоторых «крейсеров» рождается плохо приспособленное к среде обитания потомство. Чаще всего проявляется передаваемое с генами заболева-



Условия в райском саду (слева) *благоприятствуют появлению «вертушек»* (справа)

ние, порождающее «вертушек», инфузорий, слишком часто совершающих повороты в одном и том же направлении. Эти несчастные создания обычно погибают, так и не познав радости размножения.

Конечно, итересно наблюдать за эволюцией, завершающейся появлением крейсируюших букашек, но возможности программы Палмайтера этим не исчерпываются. Что, если в среде обитания возникают изменения? Не приведет ли это к возникновению большего количества видов? На этот вопрос можно получить ответ, запустив программу ,в другом режиме, в котором экран выглядит почти так же, за исключением того, что в левом нижнем углу наблюдается особенно интенсивное сгущение бактерий. Здесь их воспроизводство происходит значительно быстрее, чем в других областях (см. рисунок вверху). Палмайтер называет этот район «райским садом».

Поколения букашек сменяют друг друга, и опять мы видим, как появляется вид крейсеров. Однако в райском саду наблюдается совсем другая картина. Несколько счастливых букашек первого поколения, случайно попавших в богатую бактериями область, были щедро вознаграждены за отсутствие сколько-нибудь упорядоченной тактики поиска добычи. Несмотря на их беспорядочное топтание на месте, пища вокруг них не иссякает.

Однако, когда в конце концов бактерий в райском саду становится все-таки меньше, начинает действовать тонкий механизм естественной регуляции. Топтание на месте становится уже невыгодным. Вот тут и появляются «вертушки». То, что в обычных условиях является катастрофическим дефектом, становится преимуществом в перенаселенном райском саду. Действительно, через какое-то время эти букашки с сильной склонностью поворачивать в одну и ту же сторону начинают доминировать в популяции, обитающей в райском саду. Дело в том, что букашки, часто совершающие повороты в одном и том же направлении, скажем вправо, в среднем дольше остаются в этой богатой бактериями области, чем их предки.

Через несколько часов большая часть территории райского сада оказывается населенной почти исключительно «высокоспециализированными» представителями рода вертушек. Букашки этой разновидности на протяжении ~многих циклов следуют Определенной замкнутой орбите, затем внезапно сдвигаются на одну ячейку и снова движутся, уже по другой орбите, чисто выметая бактерий после каждого нового сдвига.

Можно ли считать эту программу действительно моделью биологической эволюции? Наверное, лишь в очень ограниченном смысле. Она показывает, как условия окружающей среды могут благоприятствовать определенным вариациям в потомстве, что в конечном итоге приводит к появлению нового вида. Но на этом моделирование и заканчивается. После того как появляются один или два стабильных вида букашек, никаких событий больше не происходит. Что же еще требуется для того, чтобы реализовать мечту Докинза о продолжающейся неопределенно долго эволюции, моделируемой компьютером? По-видимому, ни больше ни меньше, чем целая миниатюрная Вселенная, заключенная в компьютере.

Заинтересовавшиеся американские читатели могут заказать копию программы «Модель эволюции» за 39,95 долл. у компании Life Science Associates, распространяющей образовательные программы подобного рода. Программа выполняется на IBM PC и совместимых компьютерах и к ней прилагается исчерпывающее руководство. Для тех же, кто уже имеет некоторый опыт программирования и предпочитает написать свою собственную версию «Модели эволюции», я опишу упрощенную программу, которую я назвал BUGS (букашки).

Букашка в программе BUGS может быть представлена маленьким квадратиком на экране, сторона квадратика будет равна 3 пикселам (точечным элементам изображения). Шесть направлений, в которых может двигаться букашка, могут быть такими, как показано на рисунке на с. 84. Простая таблица указывает, как меняются координаты центрального пиксела букашки, в зависимости от направления, в котором она движется. Таблица содержит два массива, каждый из которых имеет по шесть элементов, *xmove* и *ymove* .

dir	0	1	2	3	4	5
xmove	0	2	2	0	-2	-2
ymove	2	1	-1	-2	-1	1

Направление, в котором движется букашка (в пределах компьютерного экрана), определяется значением переменной *dir* . Соответствующие числа в массивах *xmove* и *ymove* указывают, на сколько пикселов, в горизонтальном и вертикальном направлениях, соответственно, букашка должна перемещаться на экране за один акт движения. Если, например, букашка движется в направлении 2, она должна сместиться вправо на два пиксела и вниз на один пиксел, поскольку *xmove* (2) = 2 и *ymove* (2) = - 1.

Программа BUGS определяет направление движения для каждого ор-

ганизма согласно формуле, основанной на генетическом коде букашки, который хранится в двумерном массиве *gene*. Элемент *gene (k, j)* содержит значение *j* -го гена букашки под номером *k* . В этой формуле значения всех генов выступают в роли показателей степени двойки. Это делается для того, чтобы избежать появления отрицательных чисел. Вероятность того, что букашка будет двигаться в направлении *d,* определяется путем деления двойки, возведенной в степень, равную значению гена *d,* на сумму двоек, возведенных в степени, равные значениям всех генов набора. Например, вероятность того, что при следующем акте движения букашка совершит сильный поворот влево, будет равна результату деления 2СЛ на сумму $2^{В} + 2^{П} + 2^{СП} + 2^{Н} + 2^{СЛ} + 2^{Л}$.

Аналогичным образом программа BUGS вычисляет вероятности для всех остальных направлений. Если просуммировать все эти вероятности, результат, естественно, должен быть равен 1. Можно представлять себе вероятности шести актов движения как шесть различных диапазонов, которые вместе целиком заполняют интервал от 0 до 1. Другими словами" если вероятности шести различных направлений движения представлены числами от P_0 до P_5' то диапазон 0 является интервалом от 0 до P_0, диапазон 1 - интервалом от p_0 до $P_0 + P_1'$ диапазон 2 - интервалом от $p_0 + P_1$) до $P_0 + P_1 + P_2'$ и т. д.

На каждом цикле программа BUGS определяет новое значение для на-, правления движения каждой букашки, выбирая случайное число в диапазоне между 0 и 1 в зависимости от того, в какой поддиапазон попало число, и присваивает номер поддиапазона в качестве значения переменной *[иеп* (поворот). Считается, таким образом, что значение *[urn* равно 0 для направления В, 1 для **П,** 2 для **СП,** 3 *дляН,* 4 для **ЕЛ** и 5 для **Л.**

Несколько несложных операторов завершают алгоритм движения:

```
dir - dir + {uen (mod 6)
bugx (k) - bugx (k ) + xmove (dir)
bugy (k) -bugy (k) + ymove (dir)
```

Элементы массивов *bugx (k)* и *bugy (k)* содержат координаты *k* -й букашки на данный момент времени.

В первой строчке направление *dir* изменяется путем прибавления результата бросания жребия, зафиксированного в переменной *[иеп.* Сложение выполняется по модулю. Например, если *dir* = 5 (а это означает, что букашка движется вверх и влево) и *[иеп* = 2 (т. е. она должна совершить крутой поворот вправо), новое значение *dir* будет 5 + 2 (mod 6) = 1, и следующим движением букашки будет сМещение вверх и вправо.

Программа должна перемещать всех букашек согласно этой формуле, проверяя на каждом шаге, не наткнулась ли букашка на стенку или на бактерию. Кроме того, она должна следить за возрастом каждой инфузории и ее энергетическим запасом, чтобы вовремя определить, не подлежит ли букашка уничтожению и можно ли ей уже делиться. Как только букашка оказывается готовой к размножению, про грамма просто заменяет одну старую букашку двумя новыми, находящимися в точке, где произошло деление. Эти отпрыски наследуют родительский набор генов, за исключением того, что значение случайно выбранного гена одного отпрыска увеличивается на некоторую величину, а у другого значение случайно выбранного гена, наоборот, уменьшается.

Некоторым из тех, кто захочет попробовать свои силы и написать такую программу , приведенного описания программы BUGS будет достаточно. Тем же, кому оно покажется не очень подробным, следует проконсультироваться у более опытных программ истов и попросить их составить полное алгоритмическое описание.

ЭНТУЗИАЗМ читателей по поводу программы , порождающей фракталы, SLO GRO (Медленный Рост), описанной во втором номере журнала за нынешний год, нарастал отнюдь не медленно. Внушительный мешок писем говорит о неослабевающем интересе к фракталам любого вида и формы. Научным языком эту программу можно описать как моделирование диффузионно-ограниченной агрегации - процесса, наблюдаемого при образовании определенных минералов, электролитическом осаждении металлов и даже накоплении сажи. ~

Рецепт про граммы SLO G RO оказался достаточно простым и понятным для многих читателей, и они в нем хорошо разобрались. Основной алгоритм строится на введении случайно движущейся «частицы» в круговую область из произвольной точки окружности, ограничивающей эту область. Когда частица входит в контакт с другой, неподвижной, частицей, она также прекращает движение, и, таким образом, происходит агрегация частиц. Программу было нетрудно написать, но наблюдать за ее работой некоторым людям показалось утомительным занятием. В результате несколько читателей предложили, как изменить алгоритм, чтобы ускорить его работу.

Э. Х. Кидера IV из Колумбии (шт. Мэриленд) достиг ощутимого ускорения, начиная с маленькой окружности и постепенно увеличивая ее радиус по мере роста объекта. Ряд читателей внесли предложения, заключающиеся в том, чтобы ускорить проверку на контакт с группой неподвижных частиц. Для этой проверки в программе осуществлялось сравнение координат прилегающих к частице пикселов с зафиксированными позициями каждой неподвижной частицы растущего агрегата.

С. С. Рид из Университета Ватерлоо в Онтарио сделал следующее предложение по этому поводу: «~Для тех, кто пользуется Бейсиком (а я уверен, что им пользуются многие ваши читатели), существует значительно более простой способ. Нужно лишь воспользоваться командой Бейсика POINT, чтобы выяснить, был ли окрашен интересующий в данный момент пиксел. Таким образом, экран как бы выступает в роли запоминающего устройства».

Самым нетерпеливым, однако, оказался У. Х. Пратт из Колледжа шт. Пенсильвания. Зачем вообще заставлять частицу совершать случайное движение? Почему бы сразу не выбрать для нее случайное место в ближайшей окрестности агрегата? Но, к своему немалому удивлению, Пратт обнаружил, что его объект оказался совершенно не похожим ни на одну из иллюстраций, сопровождавших статью в февральском номере журнала. И хотя края объекта были, конечно, неровными, в целом он был более плотным - можно сказать, имел другую природу .

Сам того не ведая, Пратт получил в своих экспериментах то, что называют моделью роста Ричардсона. Эта модель является излюбленным экспериментальным инструментом группы математиков, которых прозвали «мафией, работающей на частицах». Исследователи из этой группы (некоторые ее представители работают в Висконсинском университете в Мадисоне) уже более 10 лет занимаются изучением всевозможных моделей роста. В одной из будущих статей я надеюсь рассказать о своем недавнем визите в Мадисон.

Темой нашей мартовской статьи были «психологические» головоломки: логические задачи, которые можно решить только с учетом возможного хода мыслей других участников рассматриваемых ситуаций. Целый класс таких задач был представлен головоломкой о трех философах, проснувшихся после полуденного сна в тени раскидистого дерева. Каждый философ заметил, что-у обоих его коллег лбы были запачканы, по-видимому, птицей, сидевшей на дереве. Лишь после того, как все они какое-то время посмеялись друг над

другом, самый мудрый из них догадался, что его собственный лоб был также запачкан. Как он пришел к этому выводу?

Мне как-то не пришло в голову, что можно сформулировать задачу о двух «философах». На эту возможность указал Дж. Клейн из Колледж-Плейс (шт. Вашингтон). Клейн опробовал эту задачу, рассказав своим детям историю о двух рабочих, свалившихся со строительной платформы. При падении никто из них не ушибся, но у одного оказалось перепачканным лицо. Почему рабочий с чистым лицом побежал умываться, в то время как другой, с испачканным лицом, спокойно вернулся на рабочее место? Клейн пишет: «Было очень интересно слушать, как дети рассуждают вслух, и наблюдать за тем, как меняется выражение их глаз, когда приходит решение».

Другая задача была заимствована мною из книжки Денниса Шаша «Удивительные приключения доктора Экко». Армии двух генералов времен наполеоновских войн оказались разделенными горным хребтом. Генералызахотелискоординироватьсовместную атаку на неприятеля, посылая друг другу сообщения с почтовыми голубями. Но что следует написать в сообщении? Если первый генерал пошлет сообщение: «Атакуем с рассветом», то он должен ждать, пока второй генерал пришлет подтверждение, что он получил сообщение. А что, если один из голубей не перелетит хребта? И даже если оба голубя благополучно долетят до пунктов назначения, каким образом второй генерал узнает, получил ли первый его подтверждение? Повидимому, здесь неизбежен бесконечный обмен сообщениями.

Ситуация, в которую попали генералы, напомнила У. Клементсу из Беверли-Хиллза (шт. Калифорния) о малоизвестной пьесе, шедшей одно время на Бродвее, в которой агент, работавший сразу на две разведки, снует туда-сюда между двумя враждующими государствами. Сначала агент узнает, что государство *А* расшифровало секретный военный код государства *В*. Агент отправляется в государство *В*, чтобы сообщить офицерам разведки это известие. «Мы уже знаем об этом», - говорят офицеры. Сначала агент растерялся, но потом сообразил, что может продать эту информацию офицерам разведки государства *А*. Те, в свою очередь, отвечают: «Мы знаем, что разведка *В* уже знает об этом и посылает нам ложные сообщения». Агент поспешил обратно в государство *В*: «А вам известно, что они уже поняли, что получают ложные сообщения?» «Конечно»,~ отвечают ему в разведке *В*. Агент возвращается в государство *А*, чтобы разъяснить там. истинное положение дел, и т. д. Сколько же раз придется агенту путешествовать из страны в страну, сообщая сведения о том, что известно другой стороне? Хотя в этой задаче две стороны не координируют свои действия, а враждуют друг с другом, решение задачи не упрощается - его просто не существует.

Психологические задачи встречаются и в нашей повседневной жизни. Их изучением занимался покойный Эрвин Гоффман, социолог. Я обратился к читателям с просьбой привести свои примеры и получил несколько ответов, в том числе от П. М. Камбеена из Муйдена (Голландия). Во время второй мировой войны офицер германских оккупационных сил пожаловалсяодномуголландцу,что плохо понимает настроение его соотечественников. Голландец ответил ему следующее: «Голландцы обладают тремя главными достоинствами. Они умны, лояльны и сочувствуют нацистам. Однако каждый конкретный, отдельно взятый голландец обладает лишь двумя из этих достоинств и одним, противоположным третьему». Пока до немецкого офицера доходил логический смысл этого высказывания, у шутника было достаточно времени, чтобы скрыться.

Наука и общество

Ангиопластика - на крайний случай

Тромб застревает в венечной артерии, просвет которои сужен из-за атеросклеротических бляшек, и перекрывает приток крови к непрерывно работающему сердцу. Так происходит сердечный приступ: сердечная мышца, лишенная крови, повреждается или погибает. Недавно появились лекарства, например тканевой активатор плазминогена, под действием которых тромб разрушается и восстанавливается нормальный кровоток. Однако просвет сосуда остается узким, так что у больного продолжается стенокардия и высок риск повторных сердечных приступов. Должно ли стать обычной врачебной практикой расширение артерии с целью предупреждения подобных осложнений?

В крупномасштабном исследовании, проведенном под руководством Ю. Брауноулда из Медицинской школы Гарвардского университета, на средства Национального института сердца, легких и крови определяли эффективность общепринятого способа предотвращения повторных сердечных приступов, а именно подкожной коронарной ангиопластики. По этому методу в артерию вводится катетер и продвигается по кровеносным сосудам до тех пор, пока не достигнет суженного участка. На входящем в сосуд конце катетера имеется баллончик, который надувается и сдавливает атеросклеротические наросты на стенках артерии, расширяя ее просвет. Эта процедура целесообразна при постоянной стенокардии. Превентивная ангиопластика через несколько дней после сердечного приступа могла бы уменьшить риск повторных приступов стенокардии. Сейчас во многих больницах проводят ангиопластику в профилактических целях.

Результаты этого исследования, опубликованные в журнале "New ~England Journal of Medicine", приводят к заключению, что применение ДОРОГОСТОЯщейангиопластики далеко не всегда необходимо. Обследовалось около 3200 больных в 50 клиниках. Каждый пациент получал тканевой активатор плазминогена не позже чем через 4 часа после сердечного приступа. Половине больных делали инвазивную контрольную процедуру: через 18-48 ч после приема лекарства через катетер, введенный в венечную артерию, подавался краситель для получения рентгеновского изображения сосуда. Если после разрушения тромба просвет артерии оставался частично закрыт и подходил для операции, то проводили ангиопластику. Остальных пациентов лечили консервативно. Катетеризацию венечных артерий и ангиопластику делали только в тех случаях, когда рецидивы стенокардии или 'Электрокардиограмма свидетельствовали о недостаточном кровоснабжении сердца. В итоге 13,3% пациентам этой группы провели ангиопластику, а в первой группе таких было 56,7%.

Тем не менее в течение последующих 6 недель в обеих группах события развивались ло существу одинаково. За это время в группе инвазивной терапии умерли либо перенесли повторные сердечные приступы l0,9% больных, в группе консервативной терапии - 9,7%. Показатели сердечной